

秋田大学 土木工学科 正員 ○長谷部 薫
 秋田大学 土木工学科 正員 稼農 知徳
 秋田大学 土木工学科 正員 薄木 征三

1. はじめに 曲線げた橋では、スパンに比べて幅員が広くなると直線げた橋と同様に Shear-lag 現象が生じ、応力や変形ははり理論によって得られる値と著しく異なる。フランジ上の軸応力分布はウェブとの接合部で最大となり、はり理論から得られる応力よりかなり大きくなる。この Shear-lag を考慮し、しかも従来のはり理論による設計を行なうためには有効幅を定める必要がある。著者らが先に発表したせん断変形を考慮した薄肉曲線材の理論によると¹⁾²⁾、はり理論を保持したうえで Shear-lag 効果を考慮した応力分布が得られる。本報告では、この Shear-lag 効果を考慮した応力分布より曲線げた橋のフランジ有効幅を求め、直線げた橋とも比較して種々な考察を行なったものである。

2. 理論式

曲げせん断とそり拘束ねじれによるせん断変形を考慮したひずみ成分より、次式のような断面内直応力分布表示式が得られる。

$$\sigma_{\theta} = \frac{RE}{\rho} (\varepsilon_z - \kappa_x y - \gamma_{xy} - \omega \vartheta) + \frac{E^2}{G} (B_x \Gamma'_x + B_y \Gamma'_y + B_{\omega} \Phi'_{\theta}) \quad (1)$$

ここに

$$\varepsilon_z = w' - \frac{v}{R}, \quad \kappa_x = v'' + \frac{w'}{R}, \quad \kappa_y = u'' + \frac{v}{R},$$

$$\vartheta = \varphi'' - \frac{u''}{R}, \quad \Gamma_x = \kappa'_x, \quad \Gamma_y = \kappa'_y, \quad \Phi_{\theta} = \vartheta' \quad (2)$$

また B_x, B_y, B_{ω} は新しく定義した座標である。式(1)は曲率面内変位と曲率面外変位をとともに考慮した応力分布であるが、断面形状が曲率面に平行な軸に関して対象の場合には、面外荷重に対して面外変位だけが生じ面内変位と面内力は生じない。このときの断面内直応力分布は次式のように表わされる。

$$\sigma_{\theta} = \frac{RE}{\rho} (-\kappa_x y - \omega \vartheta) + \frac{E^2}{G} (B_x \Gamma'_x + B_{\omega} \Phi'_{\theta}) \quad (3)$$

3. 曲線げた橋の有効幅

式(1)あるいは式(3)から得られる応力分布より、曲線げた橋のフランジ有効幅を図-1のように定義する。すなわち、フランジ上の垂直応力分布 σ_{θ} のウェブとの接合部における値を結んだ直線 $\bar{\sigma}$ を、曲線げたの理論を適用したときの垂直応力分布に近似させ、フランジを曲率中心に対し内側と外側の部分に二分し、内側有効幅 λ_1 、外側有効幅 λ_2 を次式のように定義する。

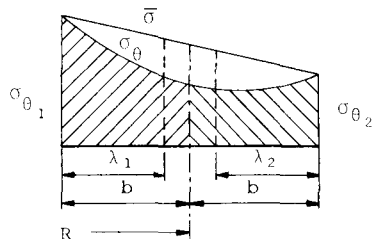


図-1 有効幅の定義

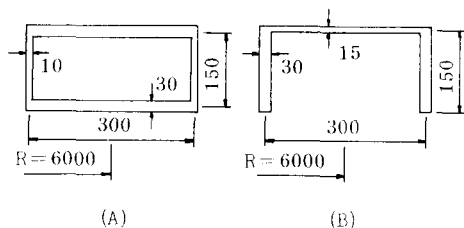


図-2 基準とした断面 A・B

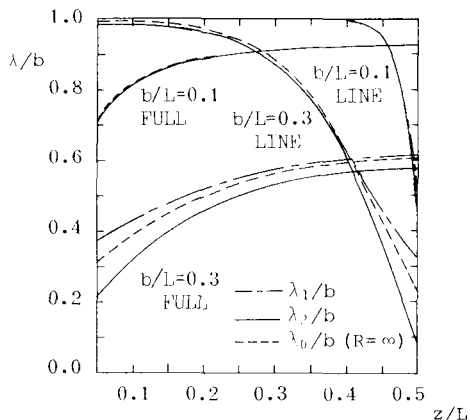


図-3 有効幅のスパン方向の変化 (断面 A)

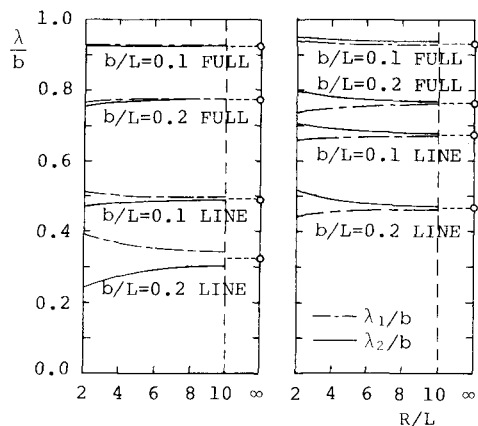
$$\int_{R-b}^{R+b+\lambda_1} \bar{\sigma} \, dr = \int_{R-b}^R \sigma_{\theta} \, dr$$

$$\int_{R+b-\lambda_2}^{R+b} \bar{\sigma} \, dr = \int_R^{R+b} \sigma_{\theta} \, dr \quad (4)$$

4. 有効幅の数値計算例

図-2に示すノ箱げた断面Aと2主げた断面Bを基準とし、これらの断面をもつ単純げた橋に等分布荷重が作用する場合、および集中荷重がスパン中央に作用する場合の有効幅を求める。なお有効幅の計算に用いる直応力分布式として、断面Aの場合には式(3)、断面Bの場合には式(1)を用いた。図-3は、断面Aをもつ曲率半径 $R=4L$ の単純げたに対して、有効幅のスパン方向の変化を示したものである。等分布荷重が載荷する場合には、スパン中央において有効幅は最大となり橋端に向うにしたがってゆるやかな減少を示すが、集中荷重が載荷する場合には、載荷点のスパン中央で有効幅は最小となり橋端に向って有効幅は急激に増大することがわかる。フランジ幅の半分とスパン長の比 $b/L=0.1$ の場合、内側有効幅 λ_1 と外側有効幅 λ_2 との差異はほとんどなく直線げた橋の有効幅ともよく一致している。図-4は有効幅に与える曲率の影響を調べるために、曲率半径 R を変化させてスパン中央での有効幅を計算した結果である。内側有効幅 λ_1 と外側有効幅 λ_2 はともに曲率半径 R の増加に伴って直線げた橋の有効幅 λ_0 に漸近するが、断面A、Bの場合とも有効幅に与える曲率の影響はわずかであると思われる。図-5は有効幅に与えるウェブの影響を調べたものである。ウェブ高に対するフランジ幅の比 $2b/2h$ を α とし、ウェブ厚に対するフランジ厚の比 t_f/t_w を β として、 $R=4L$ 、 $b/L=0.1$ としたときの α および β の変化に対する有効幅を表わしている。等分布荷重が載荷する場合、断面A、Bともに α 、 β による変化はほとんどないが、集中荷重が載荷する場合にはかなりの変化が認められる。 α が小さくなる程、および β が大きくなる程有効幅は小さくなり、これらの傾向は直線げた橋の場合と同様である。断面AとBとの比較では、 α および β の変化により有効幅の差異が認められるが、特に α が小さくなるにつれてその差異が顕著に表われている。

- 1) 長谷部, 稼農, 薄木: 薄肉曲線材のせん断変形解析, 土木学会第32回年次学術講演会, 1977
- 2) 長谷部, 稼農, 薄木: 曲線げたのフランジ応力について, 昭和52年度東北支部技術研究発表会, 1978



断面 A 断面 B
図-4 有効幅と曲率半径の関係

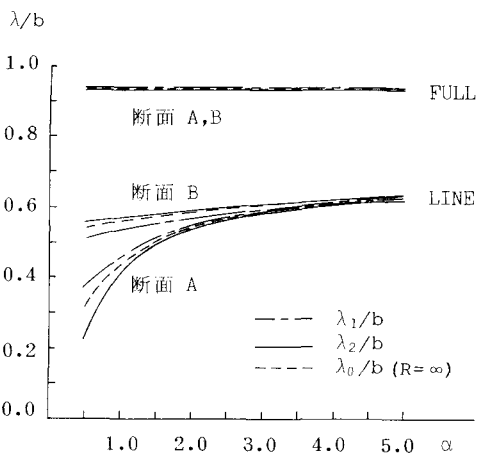


図-5.a α による変化 ($\beta = 2.0$)

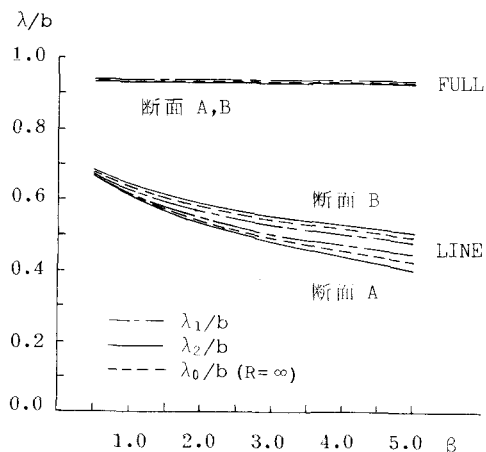


図-5.b β による変化 ($\alpha = 2.0$)